

ИНФОРМАЦИОННОЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ УСКОРИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ ELV И СОПУТСТВУЮЩЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ю.И. Голубенко, Д.А. Козут, Н.К. Куксанов, П.И. Немытов, И.В. Чакин
ИЯФ им. Г.И. Будкера, Новосибирск, Россия
E-mail:dkogut@mail.ru

Рассмотрено информационное измерительное сопровождение ускорителей электронов ELV. Описана система отображения технологических параметров установки с ускорителем электронов (энергия, ток пучка, параметры работы технологического оборудования). Система обладает необходимой точностью и наглядностью, и содержит в штатной комплектации управляющую станцию и программное обеспечение. Осуществляется протоколирование работы технологической линии и ускорителя электронов.

Радиационно-химические технологии с применением ускорителей электронов в качестве источников ионизирующего излучения получили широкое развитие, начиная с середины шестидесятых годов, и к настоящему времени прочно закрепились в структуре мирового промышленного производства, подтвердив свою эффективность, а в ряде случаев и уникальность. Современная промышленность широко применяет технологические процессы с использованием ускорителей электронов для радиационной сшивки полимеров, радиационного отверждения полимерных материалов, стимулирования или инициирования химических реакций, очистки дыма, очистки сточных вод, дезинфекции зерна и так далее. Заметное количество ускорителей установлено и эксплуатируется в различных научно-исследовательских центрах и отраслевых лабораториях, что позволяет предполагать, что количество ускорителей, установленных в промышленности, будет постоянно увеличиваться не только вследствие роста объемов производства радиационно-модифицированных материалов и изделий, но и по причине появления новых технологических процессов и соответствующих производств.

Институт ядерной физики Сибирского отделения Российской академии наук является лидером в области разработки, проектирования, производства и внедрения в промышленность ускорителей электронов различного типа: ускорителей непрерывного действия на основе высоковольтного выпрямителя, высокочастотных, импульсных, перекрывающих достаточно широкий диапазон как по энергии ускоренных электронов, так и по мощности. Широкий диапазон основных параметров ускорителей, их компактность и высокие эксплуатационные качества позволили ИЯФ СО РАН занять лидирующие позиции на рынке промышленных ускорителей как в России, так и за рубежом.

Ускорители электронов серии ЭЛВ непрерывного действия на основе высоковольтного выпрямителя, выпускаемые в ИЯФ СО РАН, перекрывают диапазон по максимальной мощности отдельной машины от 20 до 100 кВт и по энергии ускоренных электронов от 0,3 до 2,5 МэВ [1]. Этот диапазон мощностей и энергий в значительной степени перекрывает запросы промышленных радиационно-технологических процессов на сегодня. Однако тенденции развития ра-

диационной технологии позволяют предполагать, что в недалеком будущем появится спрос на более мощные и более высоковольтные машины, в связи с чем в институте проводятся работы по разработке, проектированию и испытаниям нового поколения мощных (мощностью в сотни киловатт) машин, а также по наиболее эффективному использованию существующих.

Помимо совершенствования модельного ряда ускорителей и технологии облучения в современных условиях важную роль играют такие факторы как интеграция с существующим технологическим оборудованием, организация работы и системы контроля технологического процесса. Примером такой интеграции является разработанная в нашей лаборатории универсальная подпучковая транспортная система (Рис.1).

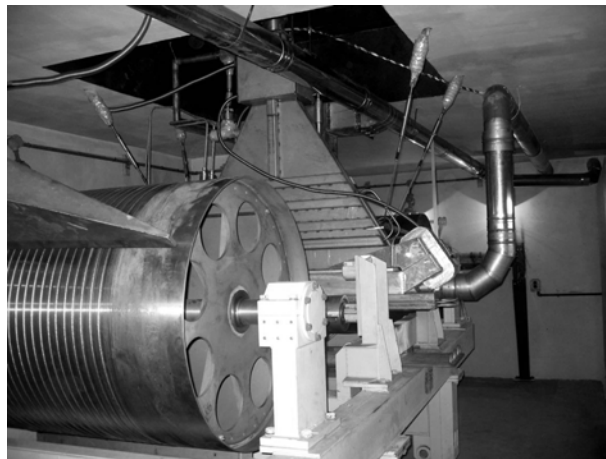


Рис.1.

Её конструкция состоит из двух барабанов диаметром 900 мм, один из которых является пассивным ведомым, а второй управляется 3-х фазным асинхронным двигателем с помощью преобразователя VECTORLUX серии VFB/VFX производства «Emotron», имеющий широкий динамический диапазон, то есть пропорциональность между скоростью транспортировки и током пучка сохраняется в широком диапазоне скоростей. Это дает возможность реализовать плавный пуск технологий и отказаться от подвижной мишени. Неравномерность поглощенной дозы при разгоне от 0 вплоть до 250 м/мин не превышает 5%. Благодаря сменным валкам устройство позволяет транспортировать под

выпускным окном ускорителя кабель диаметром по изоляции от 1 до 85 мм, снижая возможность вытягивания и утоньшения изоляции кабеля (Рис.2)

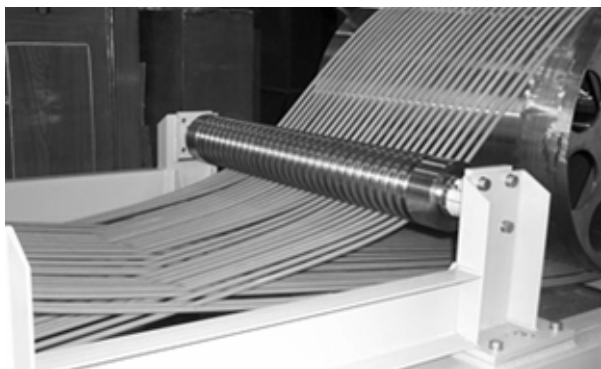


Рис.2.

В то же время существующие приемно-передающие машины кабельной промышленности не являются универсальными для широкого спектра диаметров очищенных кабелей (и проводов). Поэтому в процессе облучения при обмене одного типа кабеля на другой необходимо перенастраивать или заменять приемно-передающие комплексы. Так, ОАО «Подольсккабель» использует 6 комплексов, выпускаемых ВНИИКПМАШ, которые дают возможность для облучения различных типов кабелей от 42 до 1 мм диаметром на любом из двух имеющихся ускорителей (Рис.3).



Рис.3. Приемно-передающие комплексы с панелями управления

Информационная система по визуализации текущих параметров ускорителя и технологического процесса облучения была разработана для использования совместно с вышеназванным транспортным оборудованием и внедрена на одном из пионеров электронно-лучевой обработки кабельной продукции в России ОАО «Подольсккабель» [2,3]. Она решает следующие задачи:

- автоматизации рабочего места и организации эффективного использования времени, затрачиваемого на обслуживание технологических линий;
- визуализации процесса облучения на отдельных мониторах, отображающих тип используемого ускорителя, задействованное приемно-передающее устройство, энергию пучка электронов, величину тока пучка, скорость подающей линии, а также оставшееся до конца обработки время и количество необработанного материала;

– технологического контроля производимой продукции, с фиксацией основных параметров обработки в течение всего процесса облучения партии материала с выводом на печатающее устройство либо в файл данных.

Это позволило организовать непрерывную согласованную работу шести комплектов приемно-передающих устройств с двумя ускорителями ЭЛВ с привлечением всего двух операторов.

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Конструктивно данная система представляет собой модуль сбора информации, организованный на контроллере Silicon Laboratories C8051F350, и программу для обработки и отображения получаемой информации на мониторе и ввода данных об облучаемой партии материала.

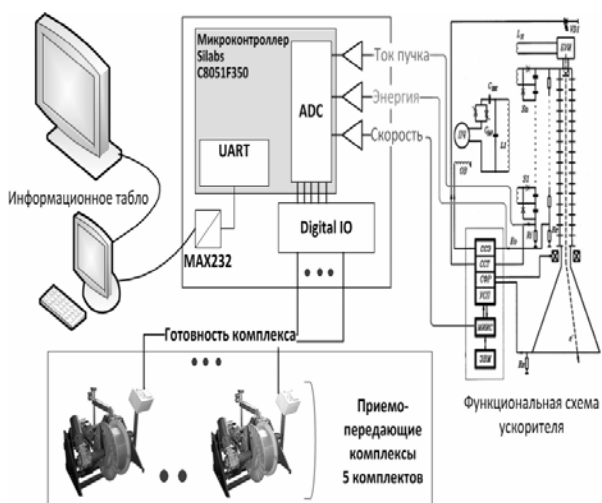


Рис.4. Функциональная схема модуля

Микроконтроллер C8051F350 оснащен 8-канальным АЦП, из которых два используются для измерения основных параметров работы ускорителя энергии и тока пучка, и один – для измерения реальной скорости облучаемой продукции. Остальные каналы фиксируют состояние готовности и индикации выбранных комплексов. Выход контроллера согласован с последовательным портом компьютера с помощью специализированной микросхемы MAX232.

Значение энергии в ускорителях ЭЛВ измеряется с помощью резистивного делителя, как показано на Рис.4 (роторного вольтметра – для ускорителей с энергией более 2,0 МэВ). Сигнал с этих цепей через масштабирующий усилитель поступает на соответствующий вход восьмиканального взвешивающего АЦП-контроллера. Помимо индикации подтяжки энергии до рабочего уровня служит для подачи разрешающего сигнала на перемоточное оборудование и перевод информационной системы в режим отображения технологических данных. Значение тока пучка снимается непосредственно с соответствующих измерительных цепей ускорителя, аналоговый сигнал скорости перемоточной линии, поступающий с драйверов подпучковой транспортной системы, масштабируется в стойке управления ускорителем и поступает на вход модуля сбора.

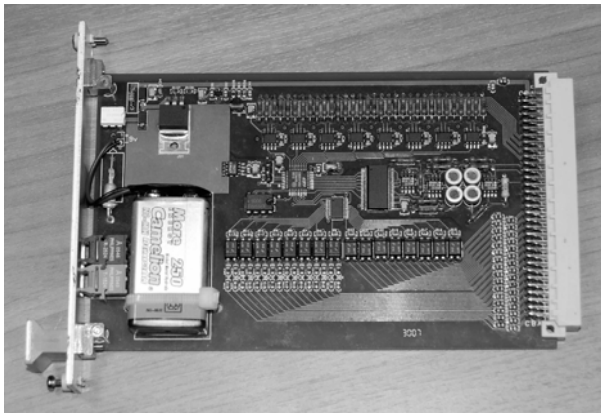


Рис.5. Модуль сбора информации

Контроллер запрограммирован на работу в режиме «Request-Response». При получении запроса по последовательному порту модуль пересылает последние сохраненные в памяти значения измеренного напряжения по каналам.

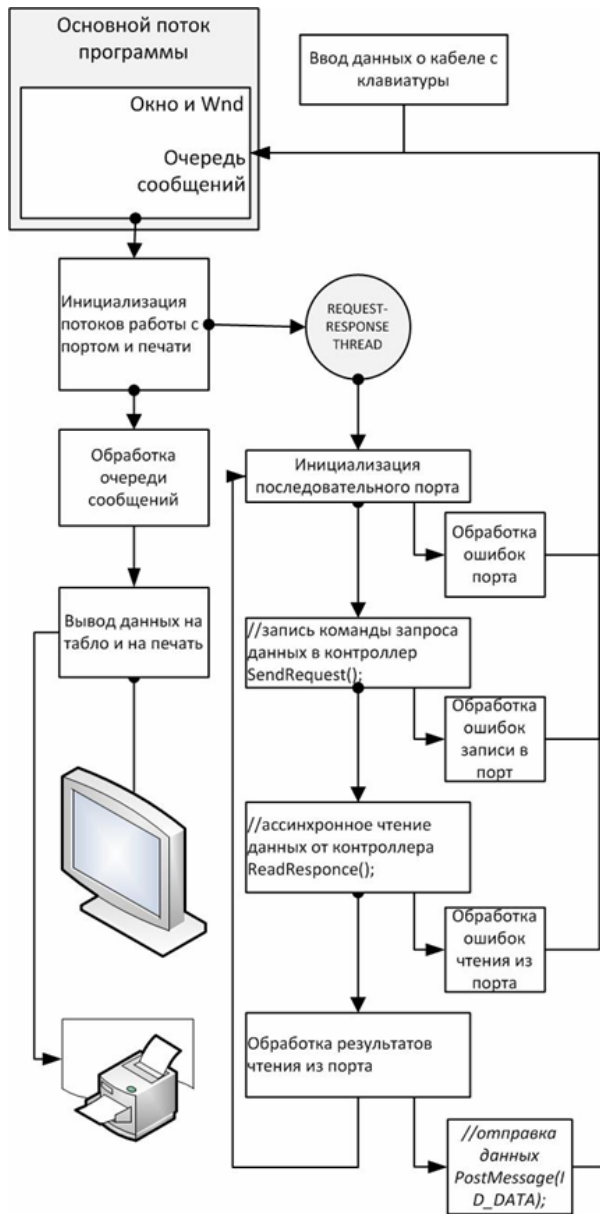


Рис 6. Функциональная структура программы

Пересылаемые между компьютером и модулем сбора информации данные закодированы по прото-

колу А. Волкова, разработанному и широко применяемому в нашем институте. В соответствии с этим протоколом ответ модуля может содержать переменное количество байт. Чтобы избежать нерациональной траты ресурсов компьютера и процессорного времени на реализацию ожидания и получения данных в порт компьютерная программа осуществляет асинхронные операции записи и чтения в отдельном потоке, согласно приведенной на Рис.6 модели.

Программа разработана для использования с операционными системами Windows 2000 и выше и оптимизирована для работы с многоядерными процессорными системами. После запуска у контроллера непрерывно запрашивается состояние ускорителя и технологического оборудования. В режиме проверки готовности оператором вводятся данные на облучаемую продукцию (тип кабеля, длина, удельная скорость облучения и т.д.) и производится выбор технологических комплексов. По получению готовности от выбранного приемно-передающего комплекса к запуску ускорителя, программа переходит в режим отображения о ходе технологического процесса на печатающее устройство и большой монитор, использующийся в качестве информационного табло. Печать (и/или запись в файл) осуществляется через указанные пользователем в настройках интервалы времени. Калибровки каналов АЦП осуществляются отдельным консольным приложением, но как показала практика трехлетнего использования, достаточно откалибровать точность измерения при первом включении системы.

ИНСТАЛЛЯЦИЯ НА ОАО «ПОДОЛЬСКИЙ КАБЕЛЬ»: РЕЗУЛЬТАТЫ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Два комплекта (на каждый работающий ускоритель) информационных систем были внедрены в эксплуатацию более трех лет назад и успешно работают по настоящее время. Это позволило организовать более жесткий технологический контроль, так как производственный процесс фиксируется в течение всего времени облучения и остановки, а изменения параметров протоколируются печатающим устройством (при необходимости запоминаются в файле журнала). Также рационально использовать имеющиеся людские ресурсы.



Рис.7. Информационное табло во время работы ускорителя

При работе совместно с подпучковой транспортной системой, разработанной в нашей лаборатории, точность отображаемых данных соответствует всем требованиям заказчика и составляет менее 1 %.

Помимо использования вышеуказанного модуля сбора информации на контроллере С8051F350 был также разработан вариант системы с использованием блока сбора информации N6005 производства National Instruments, обладающий более широкими возможностями по управлению оборудованием, и может быть использован для более глубокой интеграции технологического оборудования и системы управления ускорителем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. N.K. Kuksanov, S.N. Fadeev, Y.I. Golubenko, D.A. Kogut, A.I. Korchagin, A.V. Lavrukhin, P.I. Nemytov, R.A. Salimov. High Power ELV Ac-

celerators for Industries Application // *Proceeding of RuPAC-2010*, Protvino, Russia, 2010.

2. М.Э. Вейс, Н.К. Куксанов, В.Е. Долгополов и др. Усовершенствованный промышленный ускоритель электронов для облучения кабельной изоляции // *Кабели и провода*. 2004, №4 (287), с.16-19.
3. С.Н. Фадеев, Р.А. Салимов, П.И. Немытов и др. Подпучковое оборудование для расширения технологических возможностей ускорителей ЭЛВ // *Сборник докладов X Международного совещания по применению ускорителей заряженных частиц в промышленности и медицине*, Санкт-Петербург, 1-4 октября, 2001, с.68. См. также *Вестник "Радтех-Евразия"*, Новосибирск, 2002, с.8-13.

Статья поступила в редакцию 23.09.2011 г.

INFORMATION MEASURING SUPPORT ELECTRON ACCELERATORS OF ELV AND RELATED TECHNOLOGY EQUIPMENT

Y.I. Golubenko, D.A. Kogut, N.K. Kuksanov, P.I. Nemytov, I.V. Chakin

Information measuring support electron accelerators of ELV. Describe a system of display of process parameters set with the electron accelerator (energy, beam current, the parameters of the technological equipment). This system has the necessary precision and clarity and includes a regular complete control station and software. Active logging of the production line and the electron accelerator.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ СУПРОВІД ПРИСКОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОНІВ ELV ТА СУПУТНЬОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Ю.І. Голубенко, Д.А. Козут, Н.К. Куксанов, П.І. Немитов, І.В. Чакін

Розглянуто інформаційно-вимірювальний супровід прискорювачів електронів ELV. Описана система відображення технологічних параметрів установки з прискорювачем електронів (енергія, струм пучка, параметри роботи технологічного обладнання). Система володіє необхідною точністю та наочністю, і включає в штатну комплектацію керуючу станцію і програмне забезпечення. Здійснюється протоколювання роботи технологічної лінії і прискорювача електронів.